บทที่ 2

กระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง

2.1 บทนำ

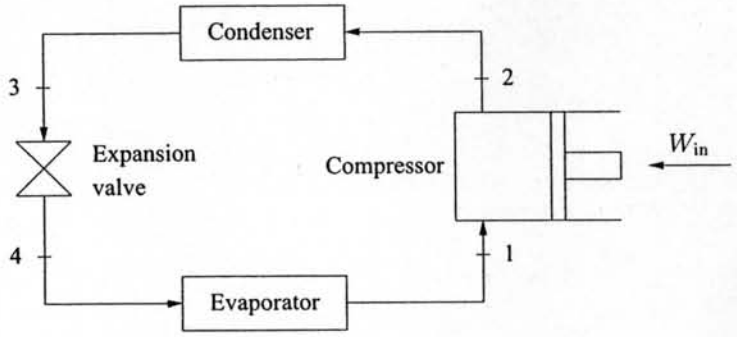
กระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง เป็นกระบวนการทำให้น้ำภายในซองน้ำแข็งเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง โดยใช้หลักการของวัฏจักรการทำความเย็นซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนของน้ำออกสู่ภายนอกจึงเป็นการทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดลง กล่าวคือ สารทำความเย็นในที่นี้คือแอมโมเนียที่อยู่ในสถานะไอจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเกลือที่อยู่รอบ ๆ ซองน้ำแข็งภายในบ่อน้ำแข็ง หลังจากนั้นน้ำเกลือจึงแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่อยู่ในซองน้ำแข็งภายในบ่อน้ำแข็ง เมื่อน้ำภายในบ่อสูญเสียความร้อนไป น้ำจึงเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งซองที่สมบูรณ์

2.2 วัฏจักรการทำความเย็นพื้นฐาน

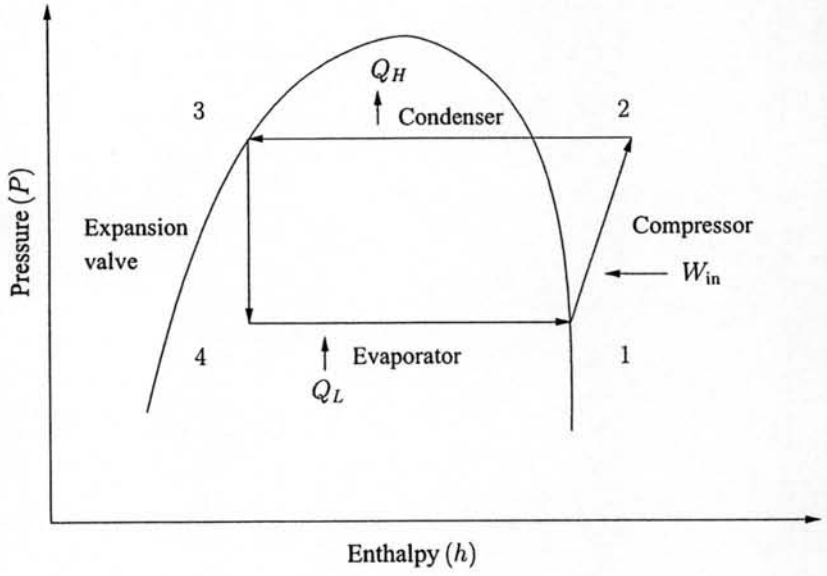
ก่อนที่จะกล่าวถึงกระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง จะนำเสนอวัฏจักรการทำความเย็นพื้นฐานเพื่อความเข้าใจในกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน และการใช้พลังงานของระบบดังกล่าวก่อน วัฏจักรทำความเย็นพื้นฐาน โดยทั่วไปประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ดังนี้

1. ลิ้นลดความดัน (Expansion valve)
2. เครื่องระเหย (Evaporator)
3. เครื่องคอมเพรสเซอร์ (Compressor)
4. เครื่องควบแน่น (Condenser)

ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแผนภาพวัฏจักรการทำความเย็นและแผนภาพ $P-h$ ของวัฏจักรการทำความเย็น [4] ได้ดังรูปที่ 2.1 และ 2.2



รูปที่ 2.1: แผนภาพวัฏจักรการทำความเย็น



รูปที่ 2.2: แผนภาพ $P-h$ ของวัฏจักรการทำความเย็น

แผนภาพวัฏจักรการทำความเย็นดังรูปที่ 2.1 มีหลักการทำงานดังนี้ เริ่มต้นจากจุดที่ 1 สารทำความเย็นในสถานะไออิ่มตัวถูกคอมเพรสเซอร์อัดให้มีความดันสูงขึ้นแล้วส่งต่อไปยังเครื่องควบแน่นในจุดที่ 2 จากนั้นสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นไออิ่มตัวความดันสูงถูกควบแน่นจนเป็นของเหลวอิ่มตัว แล้วส่งต่อไปยังลิ้นความดันในจุดที่ 3 เพื่อลดความดัน ผลจากการลดความดันทำให้สารทำความเย็นในสถานะของเหลวมีอุณหภูมิลดลง และกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ สุดท้ายเมื่อสารทำความเย็นผ่านเครื่องระเหยในจุดที่ 4 ซึ่งจะดูดความร้อนออกจากระบบ ทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะเป็นไออิ่มตัว โดยที่อุณหภูมิและความดันคงที่

แผนภาพ $P-h$ ของวัฏจักรการทำความเย็น เริ่มจากการอธิบายเอนทาลปี (Enthalpy) คือปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าหรือออกจากระบบ เป็นกระบวนการความดันคงที่ สมการของเอนทาลปีก็คือ

$$H = E + PV$$

เมื่อ H คือเอนทาลปี, E เป็นพลังงานภายในและ PV เป็นผลคูณของความดัน และปริมาตร ซึ่งเป็นการวัดพลังงานของระบบต่อหน่วยมวล พร้อมทั้งทำความเข้าใจกับการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน 3 แบบคือ

- ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) เป็นการเปลี่ยนอุณหภูมิของสสาร โดยที่สสารนั้นไม่มีการเปลี่ยนสถานะ
- ความร้อนแฝง (Latent heat) เป็นความร้อนที่เปลี่ยนสถานะของสสารเช่น จากของแข็งเป็นของเหลว ของเหลวเป็นไอ ในช่วงเปลี่ยนสถานะนี้อุณหภูมิที่ใช้มีค่าคงที่
- ความร้อนรวม (Total heat) เป็นผลรวมของความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง

โดยแผนภาพ $P-h$ ของวัฏจักรการทำความเย็นดังรูปที่ 2.2 อธิบายกระบวนการทำงานหลักพอสังเขปได้ดังนี้

1. กระบวนการของการอัดตัว (Reversible adiabatic compression) เกิดขึ้นจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยไออิ่มตัวจากเครื่องระเหยจะถูกคอมเพรสเซอร์อัดให้มีความดันสูงขึ้นในช่วง $1-2$ เพื่อให้สามารถนำความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอกได้ที่อุณหภูมิห้อง
2. กระบวนการควบแน่น (Reversible constant temperature heat rejection) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อสารทำความเย็นผ่านเครื่องควบแน่น สารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นไอความดันสูงจะถูกควบแน่นจนเป็นของเหลวอิ่มตัวในช่วง $2-3$ โดยนำความร้อนถ่ายออกสู่บรรยากาศภายนอก สารทำความเย็นในสภาวะของเหลวอิ่มตัวที่ได้จะถูกส่งผ่านลิ้นลดความดันหมุนเวียนไปใช้ในระบบต่อไป
3. กระบวนการขยายตัว (Reversible adiabatic expansion) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากการทำงานของลิ้นลดความดันในช่วง $3-4$ โดยเริ่มจากสารทำความเย็นที่มีสภาวะเป็นของเหลวอิ่มตัวจากเครื่องควบแน่นไหลผ่านลิ้นลดความดัน เพื่อลดความดันหรือขยายตัว โดยไม่มีการรับหรือดึงความร้อนให้กับสารทำความเย็น ผลจากการลดความดันทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิลดลง และกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ
4. กระบวนการกลายเป็นไอ (Reversible constant temperature heat addition) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อสารทำความเย็นผ่านเครื่องระเหยในช่วง $4-1$ ซึ่งจะดูดความร้อนออกจากระบบ ทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะเป็นไออิ่มตัว โดยที่อุณหภูมิและความดันคงที่

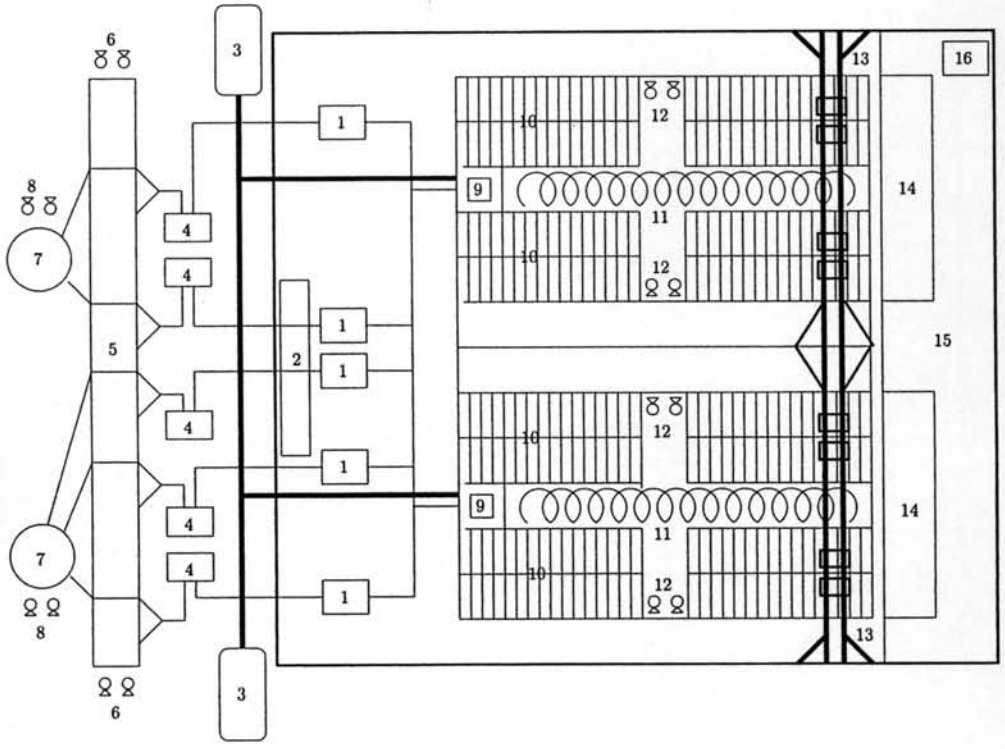
จากที่กล่าวถึงข้างต้น จะเห็นว่าความร้อนถูกดึงออกจากระบบผ่านเครื่องระเหย และถูกนำไปถ่ายเทออกสู่บรรยากาศภายนอกด้วยเครื่องควบแน่น โดยการแลกเปลี่ยนความร้อนดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ต้องมีการใส่พลังงานเข้าไปให้กับคอมเพรสเซอร์

2.3 องค์ประกอบหลักในการผลิตน้ำแข็งซอง

2.3.1 องค์ประกอบทางกายภาพ

โรงงานผลิตน้ำแข็งซองตัวอย่างที่จังหวัดสมุทรสาคร [5] ที่ได้ทำการศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ถือได้ว่าเป็นโรงงานมาตรฐาน ขนาดใหญ่ที่ผลิตน้ำแข็งเพื่อตอบสนองความต้องการของธุรกิจประมง และธุรกิจส่งออก

อาหารแช่-แข็ง มีบ่อสำหรับผลิตน้ำแข็งซองจำนวน 2 บ่อ แต่ละบ่อมีความจุ ในการผลิตน้ำแข็งซองได้จำนวน 2,600 ซอง เปิดทำการวันละ 20 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 00.00 – 20.00 น. ทุกวันของสัปดาห์ มีองค์ประกอบ ที่สำคัญแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 โดยที่รายละเอียดของแต่ละอุปกรณ์เป็นดังนี้



รูปที่ 2.3: แผนภาพองค์ประกอบในการผลิตน้ำแข็งซอง

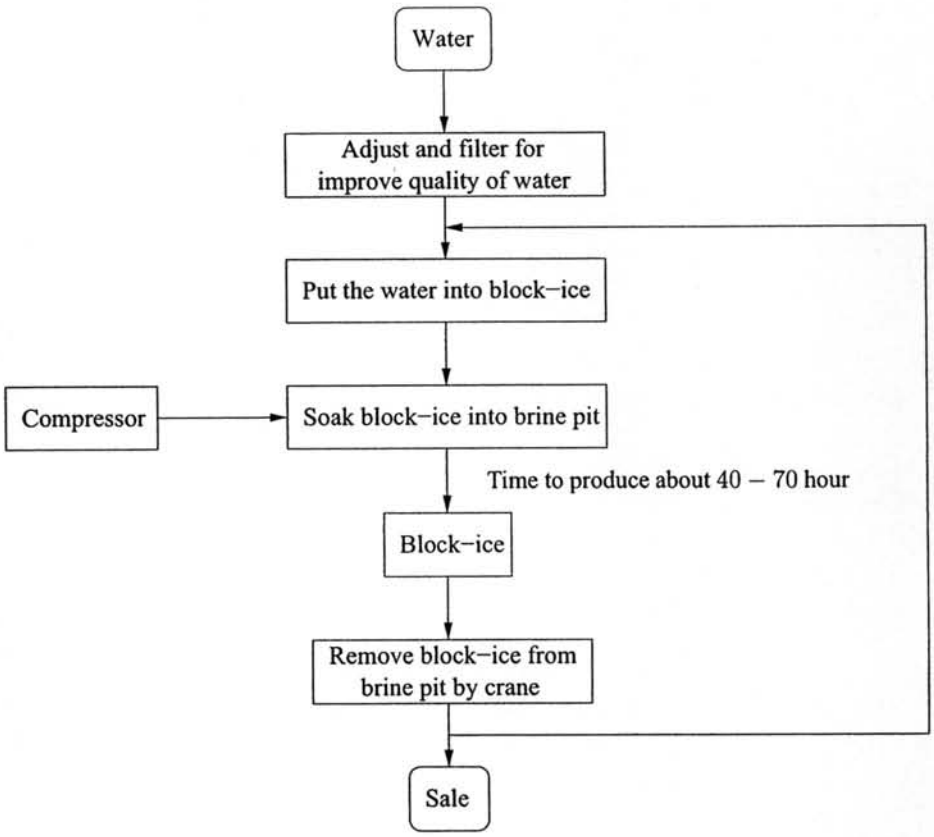
1. เครื่องคอมเพรสเซอร์ มีพิกัดกำลังไฟฟ้า 135 kWh โดยภายในโรงงานมีคอมเพรสเซอร์ดังกล่าวจำนวน 8 เครื่อง แบ่งการทำงานสำหรับแต่ละบ่อผลิตน้ำแข็ง บ่อละ 4 เครื่อง ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันให้กับสารทำความเย็นในที่นี้คือ แอมโมเนีย เพื่อทำความเย็นให้กับบ่อน้ำเกลือที่ใช้ผลิตน้ำแข็ง
2. ห้องไฟฟ้า เป็นห้องที่ใช้ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์
3. ถังพักแอมโมเนียหลังผ่านคอนเดนเซอร์ เป็นถังที่ใช้เก็บแอมโมเนียที่อยู่ในสถานะของเหลวอิ่มตัวความดันสูง
4. ถังพักแอมโมเนียก่อนไปคอนเดนเซอร์ เป็นถังที่ใช้เก็บแอมโมเนียที่อยู่ในสถานะไออิ่มตัวความดันสูง
5. เครื่องคอนเดนเซอร์ แบบใช้น้ำฉีดพ่นในการถ่ายเทความร้อน ทำหน้าที่ระบายความร้อนของแอมโมเนียด้วยน้ำ

6. มอเตอร์สำหรับปั๊มน้ำให้คอนเดนเซอร์ ทำหน้าที่สูบน้ำเพื่อให้เกิดการไหลเวียน โดยรับความร้อนจากไออิ่มตัวความดันสูงแล้วระบายออกสู่บรรยากาศภายนอก ผ่านระบบน้ำฉีดพ่น และหอผึ่งน้ำ
7. หอผึ่งน้ำระบายความร้อน (Cooling Tower) ใช้การหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยระบายความร้อนออกจากน้ำที่รับความร้อนผ่านคอนเดนเซอร์แล้ว ซึ่งการระบายความร้อนด้วยอากาศนี้ทำได้โดยวิธีเชิงกลโดยใช้พัดลมบังคับทิศทางลมให้สัมผัสกับเม็ดน้ำที่ถูกฉีดออกจากหัวฉีด
8. มอเตอร์สำหรับปั๊มน้ำให้กับหอผึ่งน้ำระบายความร้อน ทำหน้าที่สูบน้ำเพื่อให้เกิดการระบายความร้อนภายในหอผึ่งน้ำระบายความร้อน
9. ถังรักษาระดับแอมโมเนียเหลวในอีวาพอเรเตอร์ เป็นถังที่ใช้รักษาระดับของแอมโมเนียในสถานะของเหลวไม่ให้มีมากเกินไป
10. บ่อทำน้ำแข็ง เป็นบ่อคอนกรีตเสริมเหล็ก สำหรับใช้บรรจุซองน้ำแข็งโดยมีช่องสำหรับใส่ซองน้ำแข็ง มีจำนวน 2 บ่อ
    - ขนาดของบ่อทำน้ำแข็งในแต่ละบ่อคือ กว้าง 14.5 เมตร × ยาว 70 เมตร × สูง 2 เมตร
    - แต่ละบ่อมี 65 แถวต่อบ่อ โดยมี 4 หลักต่อบ่อและมีจำนวนซองน้ำแข็ง 2,600 ซองต่อบ่อ
    - ซองน้ำแข็ง มีขนาดกว้าง 0.25 - 0.27 เมตร × ยาว 0.52 - 0.57 เมตร × สูง 1.42 เมตร
11. อีวาพอเรเตอร์ ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำแข็งซอง
12. มอเตอร์สำหรับฉุดใบพัดเพื่อหมุนเวียนน้ำเกลือในบ่อ ทำหน้าที่หมุนเวียนน้ำเกลือในแต่ละบ่อ
13. เครนไฟฟ้าที่ใช้ในการยกซองน้ำแข็งออกจากบ่อ มี 2 เครนต่อบ่อ บังคับการทำงานด้วยคนเพื่อเคลื่อนย้ายซองน้ำแข็งระหว่างตำแหน่งในบ่อกับแท่นถอดน้ำแข็งออก และเติมน้ำเข้าซองอยู่ด้านหน้าของบ่อ โดยการขนถ่ายแต่ละครั้งมีจำนวนน้ำแข็งซอง 10 ซองต่อเครน
14. บริเวณเติมน้ำเข้าซองและนำน้ำแข็งออกจากซอง
15. ลานขนถ่ายน้ำแข็งเพื่อนำออกจำหน่าย
16. เครื่องโม่น้ำแข็ง

2.3.2 กระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง

กระบวนการผลิตน้ำแข็งซองประกอบด้วยขั้นตอนการผลิตจนกระทั่งจำหน่ายน้ำแข็งซอง [6] ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เริ่มจากน้ำดิบที่อุณหภูมิเริ่มต้นถูกส่งเข้ามาเพื่อปรับปรุงคุณภาพและกรองสิ่งปนเปื้อนออกให้หมดก่อน จากนั้นนำน้ำที่ได้ใส่ลงไปในซองน้ำแข็ง แล้วนำซองน้ำแข็งนี้ลงไปแช่ในบ่อน้ำเกลือ เพื่อทำให้เกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อนของน้ำภายในซองน้ำแข็งด้วยคอมเพรสเซอร์ เมื่อน้ำในซองน้ำแข็งเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งแล้วซึ่งใช้เวลาประมาณ 40 – 70 ชั่วโมง นำน้ำแข็งซองออกจากบ่อด้วยเครนแล้วส่งขาย จากนั้นเติมน้ำดิบกลับเข้าไปในซองน้ำแข็งอีกครั้ง โดยทั่วไปนิยมทำน้ำแข็งเป็นก้อนขนาดใหญ่ น้ำ

หนักประมาณ 150 – 160 กิโลกรัม วัตถุดิบหลักที่สำคัญ คือ น้ำสะอาด และมีวัตถุดิบอื่น ๆ ที่จำเป็น ได้แก่ เกลือ และแอมโมเนีย



รูปที่ 2.4: แผนภาพขั้นตอนการผลิตและจำหน่ายน้ำแข็งซอง

ในกระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง ประกอบด้วยกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนสำคัญสองกระบวนการ กระบวนการแรก คือ การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำยาแอมโมเนียกับน้ำเกลือ โดยใช้เครื่องคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบเป็นตัวอัดน้ำยาแอมโมเนียหลังจากรับความร้อนจากบ่อน้ำเกลือ เพื่อถ่ายเทออกสู่บรรยากาศภายนอก กระบวนการที่ 2 เป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดิบในซองน้ำแข็งกับน้ำเกลือ กล่าวคือ การถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำเกลือ เพื่อทำให้น้ำกลายเป็นน้ำแข็ง

เมื่อมีความต้องการน้ำแข็งซองของลูกค้า เจ้าหน้าที่จะใช้เครนยกน้ำแข็งครั้งละ 10 ซองมาที่แท่นถอดซองน้ำแข็ง โดยมีลักษณะการเดินเครนแบบแถวเว้นแถวเพื่อรักษาอุณหภูมิบ่อตามแนวยาวให้สม่ำเสมอ ในกรณีที่มีบ่อผลิตน้ำแข็ง 2 บ่อ การเอาน้ำแข็งออกโดยทั่วไปจะกระทำแบบสมมาตร โดยนำน้ำแข็งออกจากแต่ละบ่อในปริมาณเท่า ๆ กัน จากนั้น เมื่อนำน้ำแข็งถอดออกจากซองไปจำหน่ายแล้ว จะเติมน้ำดิบกลับเข้าไปในซองเปล่า แล้วใช้เครนนำไปวางไว้ในตำแหน่งเดิมในบ่อน้ำเกลือ ก่อนที่จะนำน้ำแข็งพร้อมขายตำแหน่งถัดไปออกจากบ่อ กระบวนการนำน้ำแข็งออกจากบ่อและเติมน้ำเข้าไปใหม่จะเป็นเช่นนี้ไปตามลำดับ จนกว่าจะเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าในแต่ละครั้ง

การทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ขึ้นกับปริมาณยอดขายน้ำแข็งในวันนั้น ๆ และจำนวนน้ำแข็งที่คงเหลือในบ่อ รวมทั้งอุณหภูมิบ่อ โดยปกติช่างจะเดินเครื่องตลอดเกือบ 24 ชั่วโมง และจะตัดสิน

ใจเปิด-ปิดคอมเพรสเซอร์บางตัวโดยอาศัยการสังเกตอุณหภูมิบ่อเป็นหลัก จากการศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานเบื้องต้นของโรงงาน พบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เกินกว่าร้อยละ 80 ถูกใช้ไปกับคอมเพรสเซอร์ ดังนั้นในการบริหารจัดการด้านพลังงานไฟฟ้าในโรงงานน้ำแข็งซอง จึงมุ่งเน้นไปที่การควบคุมการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ เป็นสำคัญ

กระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง [5] มีปัจจัยการทำงานดังนี้

- ช่วงเวลาเปิดทำการของโรงงานหรือช่วงเวลาที่มีการขายน้ำแข็ง คือ 00 : 00 – 20 : 00 น.
- จำนวนซองน้ำแข็งทั้งหมดต่อบ่อคือ 2,600 ซอง
- จำนวนซองน้ำแข็งขายออกจากบ่อมากที่สุดคือ 200 ซองต่อชั่วโมงและ 1,500 ซองต่อวัน
- การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำเกลือภายในบ่อมีค่าระหว่าง –12 ถึง –2 องศาเซลเซียส
- ในแต่ละบ่อมีคอมเพรสเซอร์จำนวน 4 เครื่อง โดยทั่วไปในช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก (On Peak) พลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์คือ พลังงานไฟฟ้าของการเปิดคอมเพรสเซอร์อย่างน้อย 1 เครื่อง และในช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย (Off Peak) พลังงานไฟฟ้าต่ำสุดที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์คือ พลังงานไฟฟ้าของการเปิดคอมเพรสเซอร์ 3 – 4 เครื่องขึ้นอยู่กับยอดการขายน้ำแข็งซอง

2.3.3 พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง

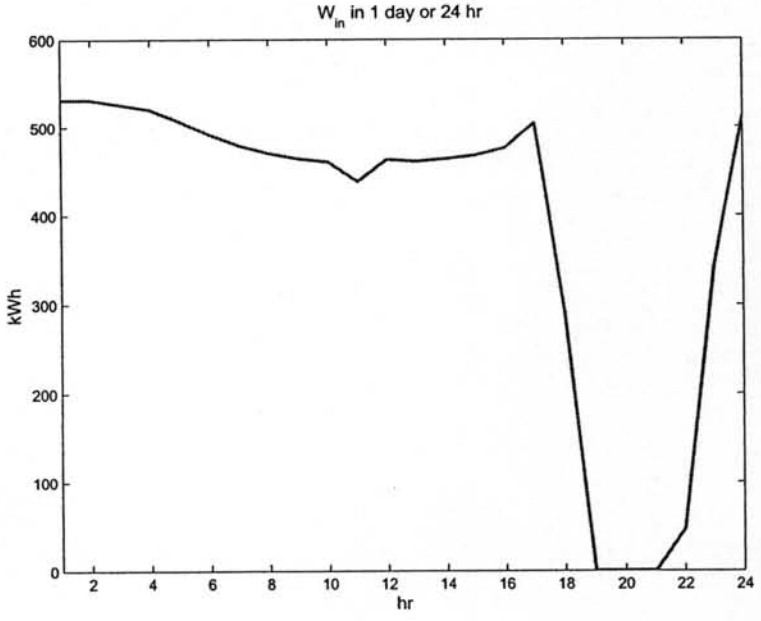
เนื่องจากอัตราค่าไฟฟ้ามีสองแบบคือ อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of day Rate : TOD) และอัตราตามช่วงเวลาการใช้ (Time of Use Rate : TOU) การคิดค่าไฟฟ้าจึงแบ่งได้เป็น 2 แบบดังนี้

1. อัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD) เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการใช้งาน โดยแบ่งเป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก (On Peak) คือ ตั้งแต่เวลา 18.30 น. จนถึง 21.30 น. ของทุกวันและ 21.30 น. จนถึง 08.00 น. ของทุกวันเป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ (Off Peak)
2. อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการใช้งาน โดยแบ่งเป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก (On Peak) คือ ตั้งแต่เวลา 09.00 น. จนถึง 21.00 น. ของวันธรรมดา (จันทร์-ศุกร์) และช่วงเวลาอื่น ๆ เป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ (Off Peak)

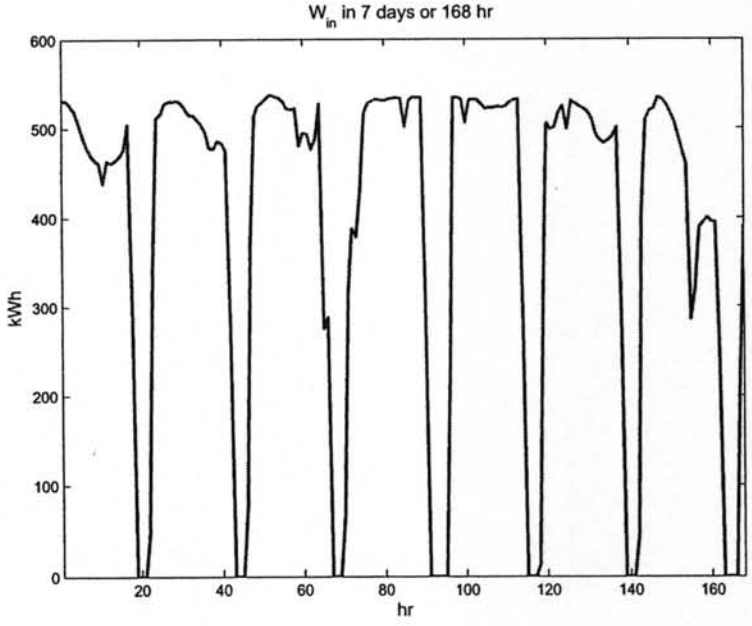
ในการคิดค่าไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟฟ้าของทั้งสองแบบประกอบด้วย 4 ส่วนดังนี้

- ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (kW) คือกำลังไฟฟ้าสูงสุดเป็นกิโลวัตต์ในช่วงเวลา On Peak ของหนึ่งเดือน
- ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมในระยะเวลาหนึ่งเดือน (kWh)
- ค่าตัวประกอบกำลัง (Power factor)
- ค่าใช้จ่ายผันแปรตามต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (ft)

ในกระบวนการผลิตน้ำแข็งซองของโรงงานน้ำแข็งตัวอย่าง [5] พบว่า พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ภายในโรงงานเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ โดยสามารถแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ของโรงงานผลิตน้ำแข็งซองแห่งนี้ใน 1 วันและ 1 สัปดาห์ได้ดังรูปที่ 2.5 และ 2.6



รูปที่ 2.5: พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ใน 1 วันหรือ 24 ชั่วโมง



รูปที่ 2.6: พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ใน 7 วันหรือ 168 ชั่วโมง

โรงงานผลิตน้ำแข็งซองตัวอย่าง [5] เลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบอัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD) จึงปิดคอมเพรสเซอร์ในช่วงตั้งแต่เวลา 18.30 น. จนถึง 21.30 น. ของทุกวันซึ่งเป็นช่วง On Peak นอกจากนี้ โรงงานน้ำแข็งนี้มีรูปแบบการใช้พลังงานเป็นลักษณะเป็นคาบ ๆ ละ 24 ชั่วโมง

2.4 บทสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงวัฏจักรการทำความเย็นพื้นฐานซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญจำนวน 4 ส่วนคือ ลิ้นลดความดัน เครื่องระเหย เครื่องคอมเพรสเซอรและเครื่องควบแน่น ต่อมาได้นำเสนอแผนภาพกระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง จากนั้นได้นำเสนอองค์ประกอบหลักในการผลิตน้ำแข็งซองซึ่งได้แก่ องค์ประกอบทางกายภาพของโรงงานน้ำแข็งที่เราได้ศึกษา [5] อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง ต่อมาได้อธิบายกระบวนการผลิตน้ำแข็งซองของโรงงานน้ำแข็งซองที่เราได้ศึกษา เงื่อนไขบังคับของกระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมถึงการคิดค่าไฟฟ้าของโรงงานน้ำแข็งซอง ซึ่งนำไปสู่การระบุเอกลักษณ์ของแบบจำลองพลวัตของกระบวนการผลิตน้ำแข็งซองในบทต่อไป